



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Aki Viitala

ÄLYKOTISOVELLUS

21.03.2018

Tekniikka
2018

KIITOKSET

Elämässä tapahtuu asioita, joihin itse voimme vaikuttaa. Tämä projekti on yksi asia elämässä. Työhön sitouduin ja motivoiduin, että sain sen tehtyä valmiiksi.

Haluan kiittää ohjaavaa opettajaa Jani Ahvosta työstäni, kun olen saanut toteuttaa opinnäytetyön. Ohjaavalla opettajalla on ollut vastuu valvoa projektin etenemistä ja hänen puoleensa on voinut kääntyä, kun apua olen tarvinnut. Kiitos kuuluu hänelle.

Haluan myös kiittää läheisiäni, jotka ovat jaksaneet kuunnella ja antaa minulle täyden tuen projektin aikana. He ovat antaneet minulle tarpeeksi aikaa toteuttaa tämä ja olen saanut rauhassa keskittyä ja panostaa sen tekemiseen. Lämmin kiitos kuuluu läheisille, että he ovat jaksaneet ymmärtää minun parastani tässä projektissa.

Aika ja paikka

Allekirjoitus

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Aki Viitala
Opinnäytetyön nimi	Älykosisovellus
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	35 + 4 liitettä
Ohjaaja	Jani Ahvonen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa arkielämää helpottava kodin automaatiojärjestelmä. Automaattinen järjestelmä ohjaa verhoja ja ilmanvaihtoa, joita voidaan käsi- ja kauko-ohjauksella käskyttää reaaliaikaisesti. Järjestelmä on koottu komponenteista eli järjestelmän voi halutessaan toteuttaa omaan kotiin tai yritykseen.

Järjestelmää voidaan käyttää monin tavoin, esimerkiksi manuaalisesti tai automaattisesti. Tässä projektissa keskitytään kodin automaattisen järjestelmän suunnitteluun ja toteuttamiseen. Projektissa rakennetaan aluksi pienoismalli, jolla hahmotellaan varsinaista kodin ohjausjärjestelmää.

Projektin tuotoksena on ohjausjärjestelmä, jonka voi asentaa jokaiseen kotiin tai esimerkiksi toimistoon. Järjestelmä on mahdollista toteuttaa pienellä tai suurella investoinnilla sekä rakentaa siitä soveliaan kotiinsa. Älykkäässä kodissa ohjattavuus on omissa käsissä.

Avainsanat	kodin automaatio, askelmoottorin ohjaus, älykäs ohjausjärjestelmä, älykoti
------------	---

ABSTRACT

Author	Aki Viitala
Title	Smart home application
Year	2018
Language	Finnish
Pages	35 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Jani Ahvonen

The purpose of the thesis was to design and implement a home automation system that facilitates everyday life. An automatic system controls curtains and ventilation, which can be controlled by hand and remote control in real-time. The system is assembled from components, which means that the system can be implemented for your own home or business.

The system can be used in many ways, for example, manually or automatically. This project focuses on the design and implementation of a home automation system. The project initially builds a scale model, outlining the actual home control system.

The output of the project is a control system that can be installed in every home or office. It is possible to implement the system with a small or large investment and build it in a suitable home. In the intelligent home, the maneuverability is in their own hands.

Keywords	home automation, stepper motor control, intelligent control system, intelligent house
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

LYHENTEET JA TERMIT

1 JOHDANTO.....	11
2 TEOREETTINEN TAUSTA.....	13
2.1 Hahmotelma.....	13
2.2 Mallintaminen.....	14
2.3 Kaavio.....	15
3 TEKNIikka.....	16
3.1 Ohjauspiirikortti.....	16
3.2 Logiikka.....	17
3.3 Väylä.....	18
3.4 Moottori.....	19
3.5 Painokytkin ja rajakytkin.....	21
3.6 Tuuletin.....	21
3.7 Langaton laite.....	22
3.8 Reaaliaikakello.....	22
3.9 Valoanturi.....	23
4 SUUNNITELMA.....	25
4.1 Kuvaus.....	25
4.2 Tavoite.....	25
4.3 Menetelmä.....	26

5 TOTEUTUS.....	27
5.1 Alkuvaihe.....	27
5.2 Rakentaminen.....	28
5.3 Sovellus.....	28
5.4 Ilmavirtaus.....	29
5.5 Säteily.....	30
5.6 Suhteellinen kosteus.....	31
5.7 Laskenta.....	32
5.8 Testaaminen.....	33
5.9 Käytäntö.....	33
6 JATKOKEHITYS.....	34
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35
LÄHTEET.....	36
LIITTEET	

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Hahmotelma projektista.....	13
Kuva 2. Projektin käyttötapauskaavio.....	14
Kuva 3. Komponenttikaavio.....	15
Kuva 4. Arduino Mega.....	16
Kuva 5. SDA- ja SCL -linjat sekä isäntä- ja orjaväylät.....	19
Kuva 6. Askelmoottori ja ohjausmoduuli.....	20
Kuva 7. Tuuletin.....	22
Kuva 8. Langaton sarjamoduuli.....	22
Kuva 9. Reaaliaikainen kellomoduuli.....	23
Kuva 10. Valoanturimoduuli.....	24
Kuva 11. RAD-kaavio.....	26
Kuva 12. Alusta moottoreille.....	28
Kuva 13. Arduino-sovellus.....	29
Kuva 14. Korvausilma-aukko.....	30
Kuva 15. Valonsäteily.....	30
Kuva 16. Sisätilan kosteus.....	31
 Taulukko 1. Logiikkakaavio.....	 18
Taulukko 2. Huoneiston vesimäärä.....	32

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Tarvikkeet**LIITE 2.** Huoneen ilmanvaihto**LIITE 3.** Puhaltimen tulokset**LIITE 4.** Vesihöyryn tiheys eri lämpötiloissa

LYHENTEET JA TERMIT

Arduino Mega 2560 R3	Ohjauspiirikortti.
C/C++ -kielet	Ohjelmointikielet, joista C on yleisempi ja C++ on generoitavampia ominaisuuksia kuin C-kielessä.
I/O-logiikka	Input/Output. Ohjauspiirikortissa olevia moduloituja tai integroituja tulo- ja lähtöportteja.
I2C-väylä	Inter-Integrated Circuit. Kaksisuuntainen tiedonsiirtoväylä.
Darlington tarsistori	2 tai 3 tarsistoria kytketty peräkkäin, joilla on erittäin suuri virtavahvistus.
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter. Ohjauspiirikortissa muuntaa rinnakkaismuotoista tietoa sarjamuotoiseksi ja päinvastoin.
ISM-taajuuskaista	Industrial, Scientific and Medical. Maanlaajuinen radiotaajuuskaista, jossa lyhyt kantama-alue.
Bluetooth 2.0+EDR -standardi	Enhanced Data Rate. Lyhyt katoalueen tiedonsiirto langattomissa laitteissa, mitkä ovat nopeita ja turvallisia.
AM/PM-ilmaisim	Ante Meridiem/Post Meridiem. Vuorokausi on jaettu kahteen ajanjaksoon.
TCXO-ohjauslogiikka	Temperature Compensated Crystal Oscillators. Mikropiirissä muunnetaan

taajuusasteikko vastaamaan lämpötila-asteikkoa algoritmien avulla.

ADC-muunnin

Analog-to-digital Converter. Muuntaa analogisen signaalin digitaaliseen muotoon.

CMOS-logiikkapiiri

Complementary Metal Oxide Semiconductor. Kanavatransistoreiden symmetrisiin linjoihin perustuva mikrotekniikka, missä signaali johto on yhdistetty 0- ja 1-johtimeen.

RAD-kaavio

Rapid Application Development. Nopea sovelluksen kehittämismenetelmä, jossa aktiiviset sovelluskäyttäjät ovat osana kehitysprojehtia ja sovelluskehittäjät saavat suurimmat edut projekteihin.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöstä oli tarkoitus tehdä älykotisovellus omaan käyttöön. Opinnäytetyön sisältämät tiedot antavat mahdollisuuden muillekin tekniikasta kiinnostuneille rakentaa opinnäytetyössä suunniteltu laite. Valitsin aiheen, koska halusin helpottaa arkielämän tekemisen tapoja mm. antaa koneen tehdä ihmisen puolesta työt.

Arduino Megan -ohjauspiirikortilla ohjataan moottorin pyörimistä, puhaltimen kierrosnopeutta, langatonta yhteyttä, reaaliaikaista kelloa ja painonappien toimintaa I/O-logiikalla ja Arduinon C#/C++ -kielellä. Arduino Megan-työkaluilla on yksinkertainen toteuttaa tämä työ, joka olisi mahdollista myös toteuttaa muillakin ohjauspiirikorttilaitteilla, esimerkiksi Raspberry Pi:llä tai millä tahansa mikro-ohjain kehitysalustalla. Ohjauskorttipiirin tuloihin ja lähtöihin on helppo liittää ja kytkeä työhön käytettyjä laitteita ja testata niiden toimintaa. Tarvittavat laitteet on tilattu toimittajalta.

Kuvilla, taulukoilla, ohjelmilla, lähteillä ja liitteillä kerrotaan tarkemmin miten opinnäytetyön suunnittelu ja toteutus on tehty. Johtopäätöksissä kerrotaan millaisiin ratkaisuihin päädyin. Laitteesta suunniteltiin prototyyppi eli aikomuksena on jatkokehittää prototyyppiä tulevaisuudessa. Projektissa vastaavanlainen järjestelmä soveltuu parhaiten omakotilaloihin, toimistoihin ja asuntoihin, missä tilat ovat alle 60 m².

Nykyaikaisesta asunnossa käyttäjä haluaa muuttaa tilaansa tai mahdollisesti muokata ympäristöolosuhteita mukavemmaksi kodissaan. Modernissa asunnossa käyttäjät pystyvät hallitsemaan ja ohjaamaan laitteita vaivattomasti. Älykäs järjestelmä antaa käyttäjälle toiminnallisesti kuvan asua nykyajan kodissa, jossa älykodin ohjaaminen on omissa käsissä.

Älykoti on järjestelmä, jossa kodin laitteet, tietoverkkopalvelut, valvontajärjestelmä tai toiminnan ohjattavuus ovat lähellä käyttäjää ja niitä voidaan yksinkertaisesti ohjata sovelluksilla tai käsiohjauksella. Laitteet voivat

toimia automaattisesti tai ohjatusti käyttäjän asunnossa. Käyttäjän ympäristökohtaisesta järjestelmästä muodostuu älykoti.

2 TEOREETTINEN TAUSTA

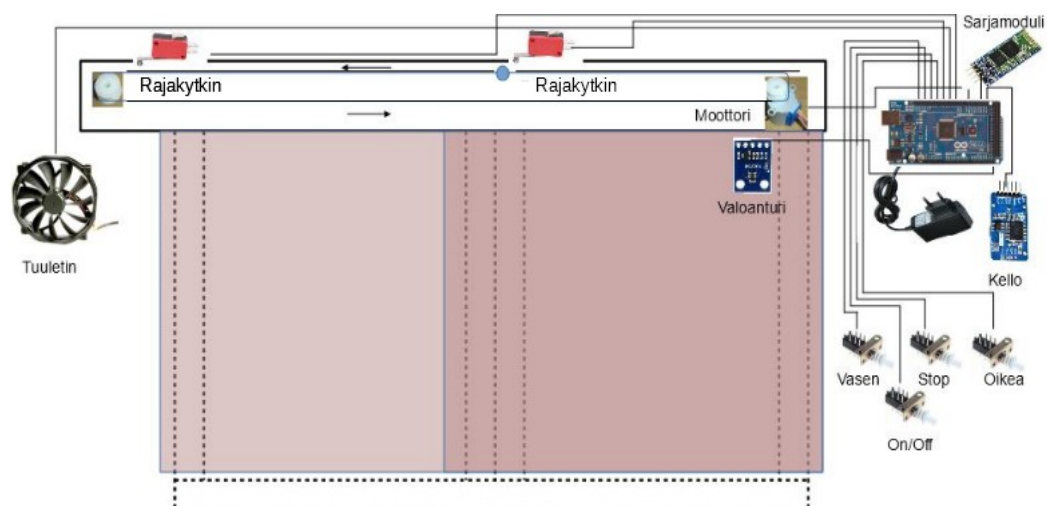
Tässä luvussa kerron projektin alkuun pääsemisestä. Luvussa kuvataan projektin hahmottamista, toiminnallisuutta ja vaatimuksia. Kuvilla hahmotellaan järjestelmän kokonaiskuvaa ja toimintatapaa. Kaavioilla ilmaistaan sovelluksen looginen toiminnallisuus ja vaatimukset työssä.

Projektin alkuvaiheesta ei ollut tietoa, mistä tekisin sen, mitä siinä voisi olla, mitä se tekisi. Alkuvaiheessa mietittiin ohjaajan kanssa yhdessä lohkokaaasioita. Samalla suunniteltiin I/O-liitäntöjä, anturointia ja ohjelmistoa.

Sovittiin ohjaavan opettajan kanssa tapaaminen. Kokouksessa pohdittiin tulevaa oppinnäyttetyötä. Samalla kokouksessa suunniteltiin ja hahmoteltiin kokonaiskuvaa.

2.1 Hahmotelma

Kokouksessa keskusteltiin siitä, mistä idea lähti liikkeelle ja millainen tuleva projekti tulee olemaan. Projektin lopullinen toteutus ei ollut vielä täysin selvä kokouksen jälkeen, mutta se selkeytyi myöhemmin. Kokouksessa hahmoteltiin kuvassa 1 projektista olevaa kuvaa, mitä kaikkea siinä tulisi olemaan.

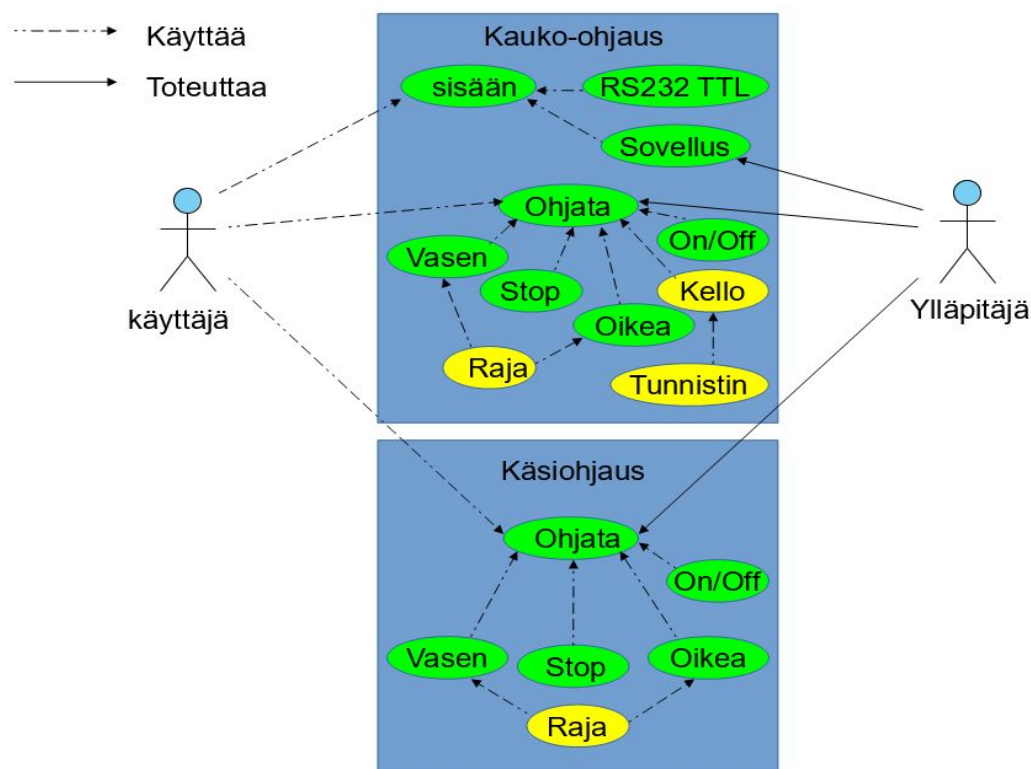


Kuva 1. Hahmotelma projektista.

Kokouksessa mietittiin myös yksityiskohtia ja lisättiin alkusuunnitelmaan muutamia ominaisuuksia. Tulevaan projektiin tehtiin kokouksessa suppea vaatimusmäärittely. Kokouksen jälkeen laitteesta piirrettiin mm. logiikkakaavio sekä käyttötapauskaavio.

2.2 Mallintaminen

Projektista kävi mielessä erilaisia ajatuksia ja suunnitelmia. Pelkkä hahmotelmakuva ei selkeytä tarpeeksi käyttäjälle, miten laite toimii ja miten sitä käytetään. Kaaviot ja laitteen toimintaselosteet antavat tarkan kuvauksen laitteen toiminnallisuudessa, kuten kuvassa 2.



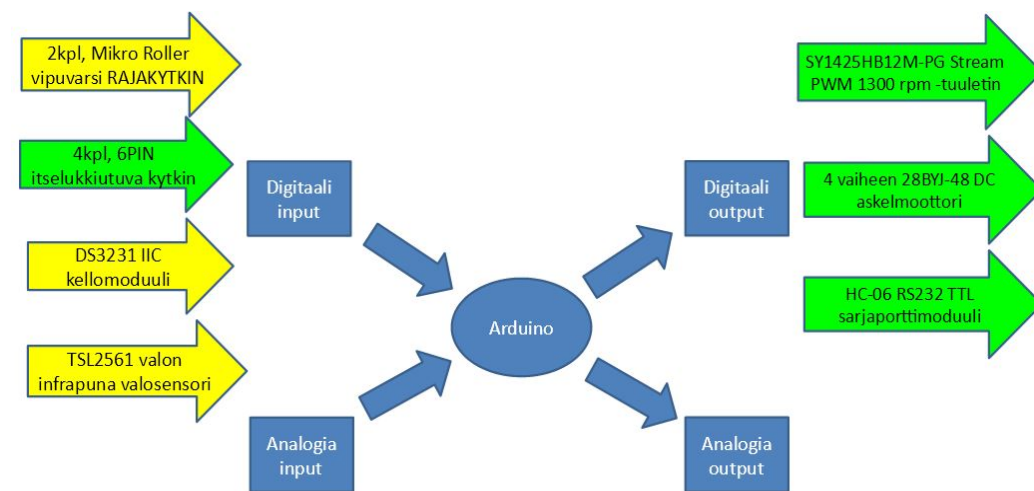
Kuva 2. Projektin käyttötapauskaavio.

Käyttötapauskaaviossa kuvataan ja kerrotaan miten käyttäjä käyttää laitetta ja miten ylläpitäjä huolehtii järjestelmän rakentamisesta ja toiminnallisuudesta. Järjestelmässä tuli olemaan käsi- ja kauko-ohjaustoiminnot sekä siitä oli tarkoitus tehdä helppo käyttäjälle. Käyttöpakaaviossa näkyy vaatimusmääritelmät, eli

vihreillä ellipseillä kuvataan minimivaatimusta ja keltaisilla ellipseillä laajempaa vaatimusta.

2.3 Kaavio

Projektia hahmoteltiin kuvissa 1 ja 2 paremmin, millainen se tulee olemaan ja miten se toimii. Visuaalisempi kuva kertoo tarkemmin käyttäjälle, mitä tarvikkeita työssä tultiin käyttämään. Kuvassa 3 on piirretty, mitä tarvikkeita työhön on kytketty.



Kuva 3. Komponenttikaavio.

Komponenttikaaviosta nähdään fyysisestä näkökulmasta mallintaminen, miten laitteet, esim. kuvassa 3 tullaan kytkemään ohjauspiirikorttiin. Komponenttikaaviossa on vastaavasti vaatimusmääritykset kuin käyttötapauskaviossa. Komponenttikaaviossa yläpuoli on jaettu samoin kuin alapuoli kahteen alueeseen (I/O-logiikka).

Nämä alueet ovat tulo- ja lähtöpuolia, minne kytketään ohjauskorttipiiriin laitteet. Tulopuolelle kiinnitetään laitteet, jotka käskyttävät lähtöpuolen laitteita. Arduino Megan -ohjauspiirikortissa on 2 laitetta kytketty I2C-väylään. Seuraavassa luvussa kerrotaan tarkemmin siitä.

3 TEKNIikka

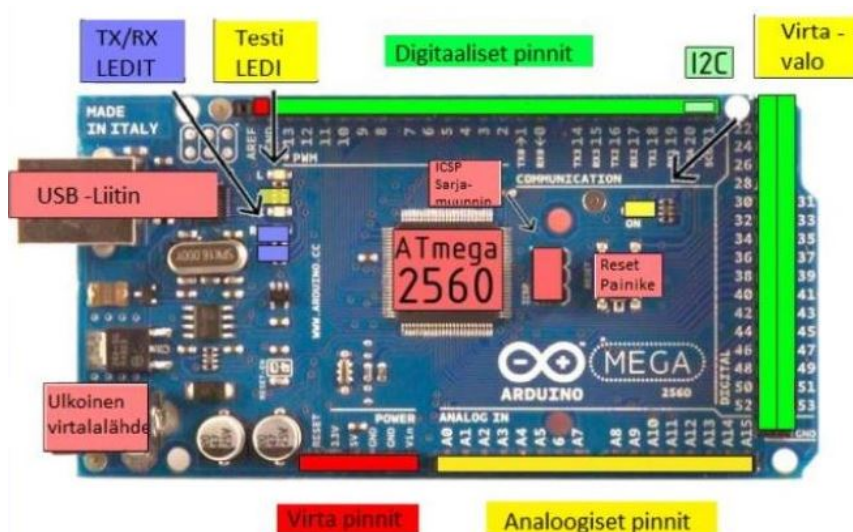
Luvussa kerrotaan käytettävistä laitteista yleisesti ja niiden toiminnallisuuksista. Laitteiden ominaisuudella kerrotaan käyttäjälle laitekohtaista tietoa ja teoriaa. Lähteissä annetaan tarkennusta laitteiden tiedoista.

Alkuvaiheessa on hyvä ilmaista laitteiden teknilliset ominaisuudet. Laitteiden tekniset tiedot kertovat, miten laitteita voidaan hyödyntää. Kuvilla ja kuviolla tarkennetaan laitteita ja toiminnallisuutta.

Kaavioista selviää, miten laitteet on kytketty mikro-ohjainkorttiin. Laitteiden ohjauksesta ja ohjelmistosta kerrotaan tarvittavat taustat ja tiedot. Logiikkakaaviolla kuvataan järjestelmän ohjattavuutta ja toimintatapaa.

3.1 Ohjauspiirikortti

Projektissa oli käytössä Arduino Mega 2560 R3-ohjauspiirikortti, mihin kytketyt komponentit kiinnitetään (**Kuva 4.**). Projektissa olisi voinut käyttää muuta ohjauspiirikorttia Arduino Megan tilalla. Megan katsoin parhaiten soveltuvan järjestelmään, koska kyseisessä kortissa on riittävästi I/O-liitäntöjä ja siinä on juuri 2 liitäntäpaikkaa I2C-väylälle. /1/, /2/.



Kuva 4. Arduino Mega.

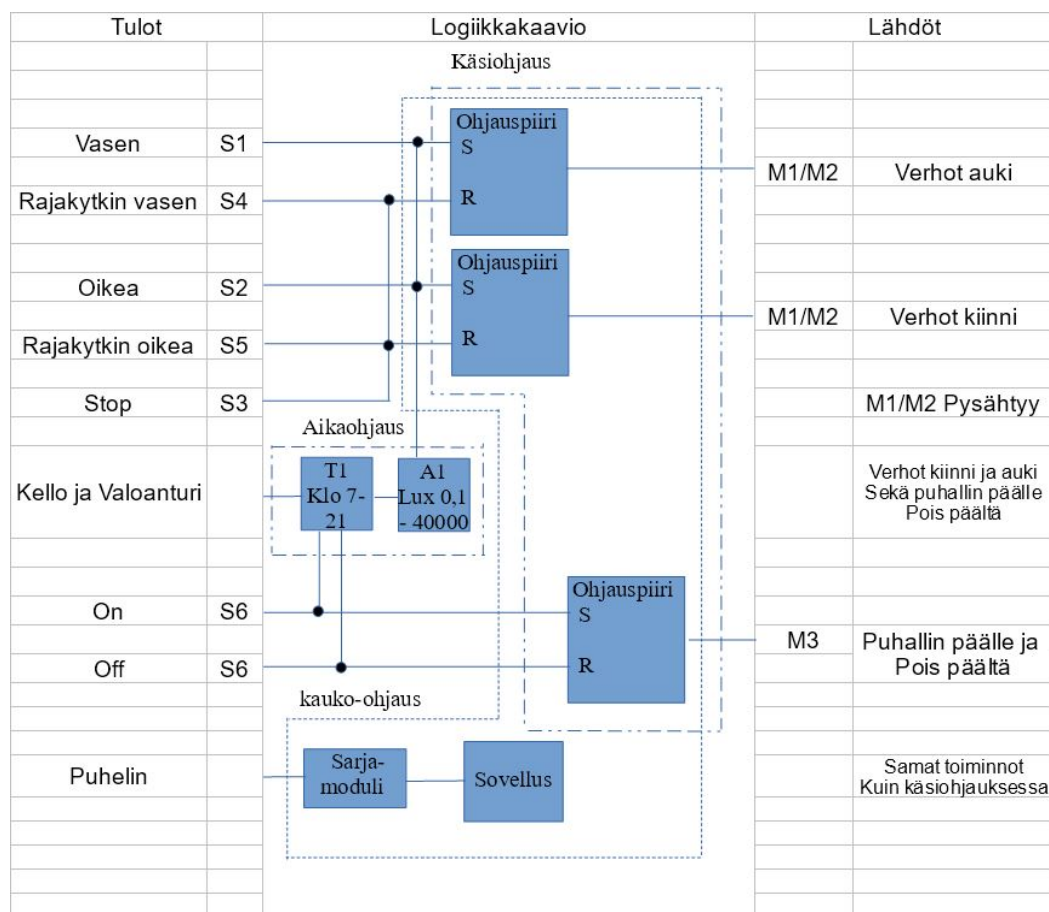
Arduino Megassa on 56 digitaalista I/O-tulo- ja lähtöpuolta, mistä voidaan käyttää 14 lähtöä pulssimodulointiin ja 4 lähtöä UART-sarjaportin synkronoitavan tiedon siirtämiseen. Megassa on 16 analogista tuloa, minne voidaan esimerkiksi kytkeä antureita tai potenttiometrejä. Megassa on olemassa tiedonsiirto RX- ja TX-ledit, testausledi, virtavallo sekä nollauspainike. /2/.

Arduino Megassa on USB-liitin, josta se saa 5V jännitteen ohjauspiirikorttiin ja samaa kautta ohjelmoitava koodi syötetään ohjauspiirikortille sekä siitä löytyy ulkoinen virtalähde, johon voi syöttää 7-12V. Megassa on 16MHz kideoskilaattorinen kelloaajuusgeneraattori ja ICSP-liitin, jota voidaan ohjelmoida logiikkalaitteilla. Lopuksi Arduino Megassa on Atmel2560 -mikrochippi, jossa on 258kt flash-, 8kt SRAM- ja 4kt EEPROM -muistia /2/.

3.2 Logiikka

Digitaalitekniikassa käytetään loogisia laitteita ja niitä ohjelmoidaan ohjausjärjestämäkohtaisella toiminnolla, mitä voidaan ohjata tuloilla ja lähdöillä tai laite voi toimia itsestään järjestelmässä. Ohjelmoitavat laitteet voivat olla pieniä tai isoja ja niissä voi olla toiminnot samanlaisia. Laitteita pystytään helposti ohjaamaan, käskyttämään ja testaamaan väylien kautta ulkoisella tai ulkoisilla laitteilla. /3/.

Digitaalilaitteissa tulo- ja lähtöportteja kutsutaan I/O-porteiksi (sisään tuleva/ulos menevä). Tuloista ja lähdöistä voidaan muodostaa logiikkakaavio (**Taulukko 1.**). Logiikkakaavio kertoo laitteen sisäisen toiminnan ja kaavio näyttää laitteen perustoiminnan käyttäjälleen. /3/.

Taulukko 1. Logiikkakaavio.

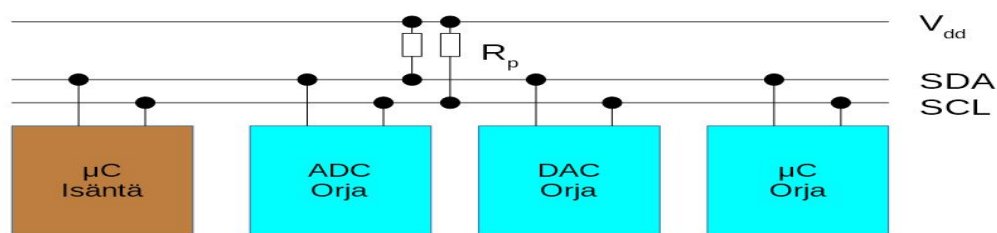
Arduino Mega voidaan ohjelmoida ja rakentaa siihen olevia toimintoja omalla kehitysalustan sovelluksella ja sitä voidaan käskyttää ulkoisilla laitteilla. Megassa ohjelmisto pysyy tallessa, vaikka virta katkaistaan laitteesta. Atmel2560-mikro-ohjaimeen tallentuu ohjelmoidut koodit flash-, SRAM- tai EEPROM-muistille. Flash- ja EEPROM-muistit ovat haihtumattomia muisteja Megassa, mutta SRAM-muisti on haihtumaton muisti. Megaan ohjelmoitavat koodit voidaan syöttää kahta kautta, joko USB -kaapelin kautta tai ICSP-sarjamuuntimen kautta. /4/.

3.3 Väylä

Arduino Megassa on I2C paikka, mikä sijaitsee digitaalipuolella (**Kuva 4.**) ja samalla puolella on toinen I2C paikka (44- ja 43-pinnit). I2C -nimi tulee integroidusta piiristä, jonka keksijänä on ollut Philips Semiconductor -yritys

(nykyään NXP Semiconductors). Megan I2C:n tarkoituksena on ohjata kaksisuuntaista ohjaus- ja tiedonsiirtoväylää ja kyseinen väylä sisältää datalinjan ja kellolinjan (signaalit SDA ja SCL). Linjat toimivat isäntä- ja orjamenetelmällä. Tällaista menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi tietokoneen ja näytön välillä. /5/.

I2C-väylässä tieto siirtyy 8-bitin ryhmissä, joissa on 7-bittinen osoite. Osoitteessa on luku- ja kirjoituskomento, millä tarkoitetaan luetaanko vai kirjoitetaanko dataa. Parillisten lukujen aikana on tarkoitus kirjoittaa dataa orjalaitteelle ja parittomien lukujen aikana luetaan dataa orjalaitteelta. Datan siirron voi aloittaa vain isäntälaitte, eikä koskaan orjalaite. /5/, /6/. Kuvassa 5 on väylien signaaleista, isäntälaitteesta ja orjalaitteista.



Kuva 5. SDA- ja SCL -linjat sekä isäntä- ja orjaväylät.

Väylässä kellopulssi ja data (SCL ja SDA) ovat signaalilinja, jotka lähetetään orjalle ja orja kuuntelee onko tieto tulossa hänen osoitteeseen. Isäntälaitte hoitaa kellotuksen ja datan lukemisen väylässä. I2C-väylään kiinnitettävä laite synkronoi sarjaprotokollan kautta sarjadatalinjalle, jossa isäntälaitte vastaanottaa käsiteltävää dataa orjaltaan olevasta osoitteesta. Isäntä- ja orjalaite vuoronperään kuittailevat viestejä toisilleen. Isäntälaitteen saadessa tehtyä tehtävänsä orjan kanssa, isäntälaitte lähettää linjalle STOP-tilan ja orjalaite lopettaa väylän kuuntelun ja jatkaa toimintaa muitten orjien kanssa. /5/, /6/.

3.4 Moottori

Projektissa käytettiin pientä askelmoottoria, jonka voi liittää ohjausmoduulin kautta Arduino Megan digitaalipuolelle (**Kuva 6.**). Askelmoottori on 5 johtimella toimiva 4-vaiheinen mekaaninen laite, jonka pyörimissuuntaa ja nopeutta voidaan

ohjata syöttöpulsseilla. ULN2003-ohjausmoduuli muuntaa ohjauspiirikortilta tulevat komennot moottorille syöttöpulsseiksi. /7/.



Kuva 6. Askelmoottori ja ohjausmoduuli.

Askelmoottorin roottorissa on 32 magneettinapaa, joista 16 pohjois- ja 16 etelänapaista puolta sekä vastaavan verran on hampaita staattorin levyissä. Moottorissa on 4 käämiä, joihin voidaan syöttää 8 erilaista signaalia johtimien kautta, kun askelmoottorin johtimissa kulkee virta, saadaan muodostettua magneettisuus moottorille ja moottori saadaan indusoimalla pyörimään myötäpäivään tai vastapäivään. Syöttöpulssien taajuudella ja lukumäärällä voidaan vaikuttaa pyörimisnopeuteen, minkä askelkulman verran akseli liikkuu ja millä nopeudella moottorin akseli lähtee pyörimään. /7/.

Syöttöpulssit ohjataan moottorille ULN2003-ohjausmoduulilla ja ohjausmoduulissa on liitinpaikat askelmoottorille sekä pinnit Arduino Megan digitaalipuolen ulostuloon (**Kuva 6.**). Ohjausmoduulipiirissä on transistoripareja, jossa toisen transistorin vahvistettu virta vahvistetaan uudelleen (Darlington transistori). Virtapiirissä tapahtuu indusoituminen eli induktiojännite pyrkii johdinsilmukassa pitämään sähkövirran, joka saa aikaan johtimen ympärille magneettikentän ja roottori alkaa pyörimään. Ohjausmoduulissa ledit A-D ilmaisevat moottorille kulkeutuvien pulssien vaihesiirtymiset ja se helpottaa moottorin liikeradan näkemistä. /8/, /9/.

3.5 Painokytkin ja rajakytkin

Kytкимиä on kahdenlaisia, joita tarvitaan ja ne kytketään digitaalipuolelle. Painokytkimillä vaihdetaan pyörimissuuntaa ja pysäytetään moottorien pyöriminen sekä käskytetään puhaltimen pyörimistä. Rajakytkimillä oli tarkoitus pysäyttää moottorin pyöriminen.

Lukkiutuva painokytkin voidaan kytkeä piirikortille tai kiinnittää kojeiston reunalle. Painokytkimessä on 6 pinniä, jossa vaihtokosketin vaihtaa asentoja kytkintä painaessa ja se lukkiutuu pohjaan. Toisen kerran painaessa kytkin palautuu alkuperäiseen asentoon. Lukkiutuvia painokytkimiä käytettiin moottorien ja puhaltimen ohjaukseen. /10/.

Vipuvartisessa rajakytkimessä on rulla varren päässä. Vipuvarsirajakytkimen mekaniikka on samalainen kuin painokytkimen mekaniikka, missä kosketin vaihtaa asentoa. Normaaliasennossa rajakytkimen ja painonapin kosketin on kiinni ja painaessa kosketin on auki. Rajakytkimessä kosketin palautuu takaisin normaaliasentoon ja painokytkimessä kytkin lukkiutuu pohjaan. /11/.

3.6 Tuuletin

Tuuletinta ohjattiin digitaalisella lähdöllä ja tuulettimella säädetään ilmanvaihtoa. Tuulettimessa on 4-liitäntäjohtoa, joista tuuletin voidaan säätää porrastetusti, portaattomasti tai ohjata erikseen painonapilla. Tuulettimia on olemassa kolmea eri mallia, mitkä ovat samaan sarjaan kuuluvia ja ne toimivat eri pyörimisnopeudella.

Tuuletin on kahdeksankulmainen, jossa on 11 siipeä (**Kuva 7.**). Siivissä on raitoja, jotka vähentävät melua ilmavirtauksessa. Tuulettimen äänenvoimakkuus vaihtelee 13,0-30,7dB, kun tuuletin pyörii 500-1300rpm välillä. /12/. Tuuletin toimii 5,0-12V jännitealueella ja 0,19-0,48A virralla. Kolme tuuletinmallia kuuluvat samaan sarjaan 1200rpm, 1300rpm ja 1600rpm. /13/.



Kuva 7. Tuuletin.

3.7 Langaton laite

Sarjamoduulilla lähetetään ja vastaanotetaan ohjaustiedot Arduino Megan UART-sarjaportin kautta. Sarja moduulissa on 6 liitinjohtoa, joista 4 johdinta saadaan langattomasti lähettämään ja vastaanottamaan synkronoitua ohjaustoimintoja Arduino Megasta. Sarjamoduulissa ne pinnit ovat virta-, maadoitus- ja 2 sarjaliitäntäpinniä (VCC-, GND-, RX- ja TX-pinnit), jotka kytketään digitaalipuolelle. Kuvassa 8 on kuva sarjamoduulista. /14/, /15/.



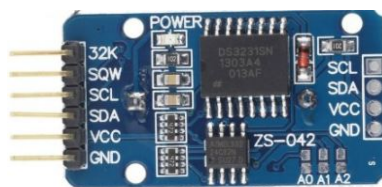
Kuva 8. Langaton sarjamoduuli.

Sarjamoduuli käyttää 2,4GHz:n ISM-taajuuskaistaa, jopa 10 m asti. Moduulin taajuuskaista alueet vaihtelevat 2,400-2,4835GHz välein ja sen lähetysaika on 0,5 s välein tai pidempi. Moduulissa on sisäänrakennettu antenni ja se noudattaa Bluetooth-teknologiaa (Bluetooth 2.0 + EDR -standardi). /14/, /15/.

3.8 Reaaliaikakello

Reaaliaikainen kellomoduuli pitää kirjaa ajasta Arduino Megassa oleville moottoreille, puhaltimelle ja valosensorille I2C-väylän kautta. Moduulissa on tarkat päivämäärät ja kellonajat 2100 vuoteen saakka sekä automaattinen

tarkistustoiminto. Moduulissa on 6 pinniä, joista se vaatii 4 pinniä (SCL-, SDA-, VCC- ja GND-pinnit), että se voi ilmaista aikansa. /16/. Kuvassa 9 on reaaliaikainen kellomoduuli.



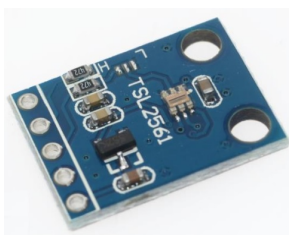
Kuva 9. Reaaliaikainen kellomoduuli.

Moduuli toimii pienellä virrankulutuksella ja sen käyttöjännitealue on 3,3-5V. Moduulin aika on 12 tunnin AM/PM-ilmaisuna tai 24 tunnin muodossa ja siinä on 2 vaihtoehtoista ohjelmoitavaa hälytystoimintoa. /17/. Moduulissa on integroitu lämpötila-kideoskillaattori (TCXO-ohjauslogiikka), missä on kompensointialgoritmejä muuntamaan taajuusarvot vastaavasti lämpötila-asteikoksi ja moduliin on mahdollista tallentaa 32kt kirjanpitoa. /18/.

3.9 Valoanturi

Valoanturimoduulin oli tarkoitus ohjata moottorien ja puhaltimen toimintaa I2C-väylän kautta. Valoanturimoduuli mittaa 2 integroidulla valodiodilla infrapunavaloa ja näkyvää valon valoisuutta (ADC-muunnin). Valoanturimoduulin mittausalue on 0,1-40000 lux välillä. /19/.

Valoanturimoduuli toimii 2,7-3,6V jännitealueella ja siinä on 5 pinniä, joista 4 pinniä käytettiin työssä (VCC-, GND-, SCL- ja SDA-pinnit), INT-pinni on keskeytyspinni, joka jätetään pois. Valoanturimoduulissa on tunnistustila 0-400KHz kellopulssialueella, jolloin laite lähettää tietoa isäntälaitteen ja orjalaitteen välillä I2C-väylän kautta sekä yhdellä CMOS-logiikkapiirillä pystyy tuottamaan 16-bittisen resoluutisen tunnistustilan moduulissa. Kuvassa 10 on valoanturimoduuli. /20/.



Kuva 10. Valoanturimoduuli.

4 SUUNNITELMA

Projektin suunnitelma kertoo käyttäjälle tässä vaiheessa, miten se tullaan toteuttamaan. Suunnitelmalla tehdään menetelmä mitä projektissa tehdään.

Projektista on hyvä tehdä suunnitelma, jota aikoo noudattaa alusta loppuun. Suunnitelma antaa malli-idean käyttäjälle, millä tavoin projektia lähdetään toteuttamaan ja millaisia vaatimuksia siinä tehdään suunnittelman aikana. Suunnitelma ohjaa projektin kulkua ja tapaa edetä.

Suunnitelma ilmaistaan käyttäjälle paremmin kuvilla. Luvussa 1 kuvastettiin pinnallisesti projektia käyttäjälle, tässä kerrotaan käyttäjälle, miten suunnitelma etenee vaiheittain.

4.1 Kuvaus

Projektista rakennetaan pienoismalli, jolla voi näyttää käyttäjälle järjestelmän toimivuuden. Kuvassa 1 nähdään millaiseen paikkaan järjestelmä tullaan rakentamaan. Pienoismallilla kuvataan vastaavanlainen järjestelmä ja hahmotellaan toimintaa.

Käyttäjä saa paremman kuvauksen järjestelmästä ja toimivuudesta, kun siitä on näyttää pienoismalli ja esite. Käyttäjälle tulee samalla erilaisia ajatuksia ja ideoita, miten muulla tavalla voisi järjestelmää kehittää. Samalla käyttäjälle herää kysymyksiä erilaisten mahdollisuuksien toteuttamiseen.

4.2 Tavoite

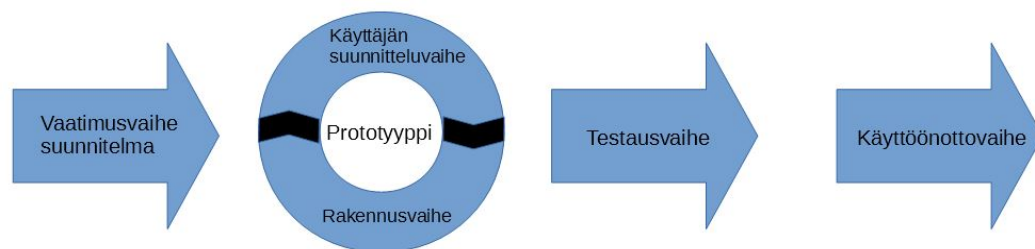
Projekti tarvitsee tuekseen mallinnusta, että saadaan tietoisuutta ja selkeyttä, esim. Kuvassa 2. Työlle on asetettava selkeät tavoitteet, että siinä onnistutaan. Kuvassa 2 kerrottiin käyttäjille vaatimusmäärittämisestä, miten projekti on tehtävä minimivaatimuksilla ja laajemmalla vaatimuksella. Työstä rakennettu prototyyppi on toimittava käyttäjälle käsiohjauksella ja kauko-ohjauksella.

Käyttäjän on tarkoitus ymmärtää järjestelmän toiminta. Projekti nähdään sellaisena, mitä siinä tapahtuu ja miten se muuttuu rakennus- ja testaamisvaiheen

aikana. Mallintaminen on osa kehitystyötä, kun saadaan projektin nykytila mallinnettua käyttäjälle.

4.3 Menetelmä

Järjestelmän eteneminen kuvataan käyttäjälle, mitä menetelmää käytetään (**Kuva 11.**). Suunnittelija suunnittelee projektin, jossa hän on vuorovaikutuksessa työn etenemisessä. Suunnittelija voi helposti muokata projektia, jotta se olisi helposti ymmärrettävissä käyttäjälle.



Kuva 11. RAD-kaavio.

RAD-kaaviosta nähdään miten projekti etenee vaiheittain. Projektin vaiheita toistetaan, että saavutetaan haluttu lopputulos. Kuva 11 antaa selkeyttä käyttäjälle, mitä missäkin vaiheessa tehdään.

5 TOTEUTUS

Tässä vaiheessa on tarkoitus rakentaa pienoismalli ja testata laitetta. Käyttäjälle kerrotaan, miten järjestelmä on toteutettu ja mitä järjestelmä tulisi maksamaan, jos sellaiseen aikoo investoida. Rakennettua järjestelmää verrataan olemassa oleviin valmiisiin laitteisiin, että käyttäjä näkisi laitteistojen samannäköisyyden.

Käyttäjälle kerrotaan yksinkertaisesti laitteen toiminnasta, että nähtäisiin työn idea ja toiminta selkeästi. Käyttäjän on helpompi tulkita laitetta, jos käyttäjälle annetaan toimiva mallikappale. Malli antaa paremman käsityksen kuinka laitetta voidaan hyödyntää esimerkiksi toimistotilassa tai omassa kodissa.

Järjestelmän sovelluksista kerrotaan käyttäjälle, mitä ohjelmia työssä käytettiin. Pienoismallia verrataan nykypäiväiseen laitteeseen ja kerätään tilastotietoa. Liitteessä 1 on tarvikkeet, joista nähdään järjestelmän kokonaiskustannus.

5.1 Alkuvaihe

Projektiin tarvittavat tavarat voi tilata kerralla tai osissa. Osissa tilaaminen voi antaa uusia näkemyksiä työlle ja se voi muuttaa töitä hieman tai suuresti toteutus- ja rakentamisvaiheessa. Suositeltavaa olisi tilata osissa tarvikkeet.

Aikaisemmin luvussa 1 hahmoteltiin työtä, esim. kuvassa 1. Alkuperäisessä suunnitelmassa on hyvä pysyä, koska uusien ideoiden ja suunnitelmien myötä työ voi muuttua erilaiseksi. Uusien näkemyksien saanti voi syödä aikaa ja eteneminen hidastuu.

Projekti on suositeltavaa aloittaa kytkemällä ja testaamalla Arduino Megassa yksittäisinä osina olevia komponentteja eli askelmoottoria, painonappeja, rajakytkimiä, kellomoduulia, anturia, sarjamoduulia ja tuuletinta. Yksittäisinä osina testaamisessa huomaa laitteiden toimivuuden ja oppii soveltamaan laitteiden toimintaa. Suunnittelijalla on suuri vastuu, miten komponenteista saadaan kokonainen järjestelmä toimimaan.

5.2 Rakentaminen

Suunnitteluvaiheen jälkeen voidaan aloittaa järjestelmän rakentaminen. Rakentamisvaiheessa oli käytössä muovinen verhokisko, johon saa u-muotoisen rullilla olevan nipistimen asennettua. Kiskojen väliin mitoitetaan moottorit ja tehdään moottoreille oleva alusta, kuten kuvassa 12 on tehty.

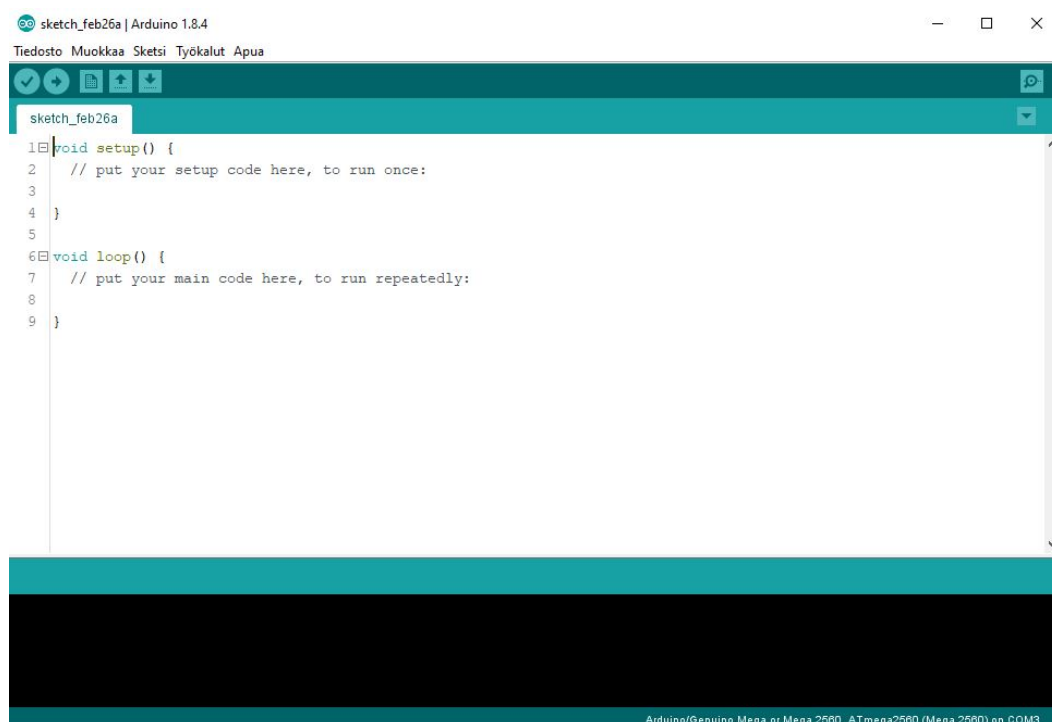


Kuva 12. Alusta moottoreille.

Moottorit asennetaan verhojen päihin ja moottoreihin kiinnitetään muovinen köysipyörä. Köysipyöriin asennetaan nyöriinen köysi, joka kestää vetoa. Johdotukset voi samalla kytkeä Arduino Megan sekä testata moottorien ja puhaltimen toimintaa. Muut komponentit voidaan lisätä seuraavaksi paikoille ja samoin testata niiden toimintaa.

5.3 Sovellus

Arduino Megassa on oma ohjelmointisovellus, jolla syötetään oleva ohjelmointikoodi ohjauspiirikortille (**Kuva 13.**). Ohjauspiirikortille ladataan oleelliset kirjastot, että piirikortti pystyy kontrolloimaan kiinni olevia laitteita. Arduinon sovellus on mahdollista ladata omalle koneelle.

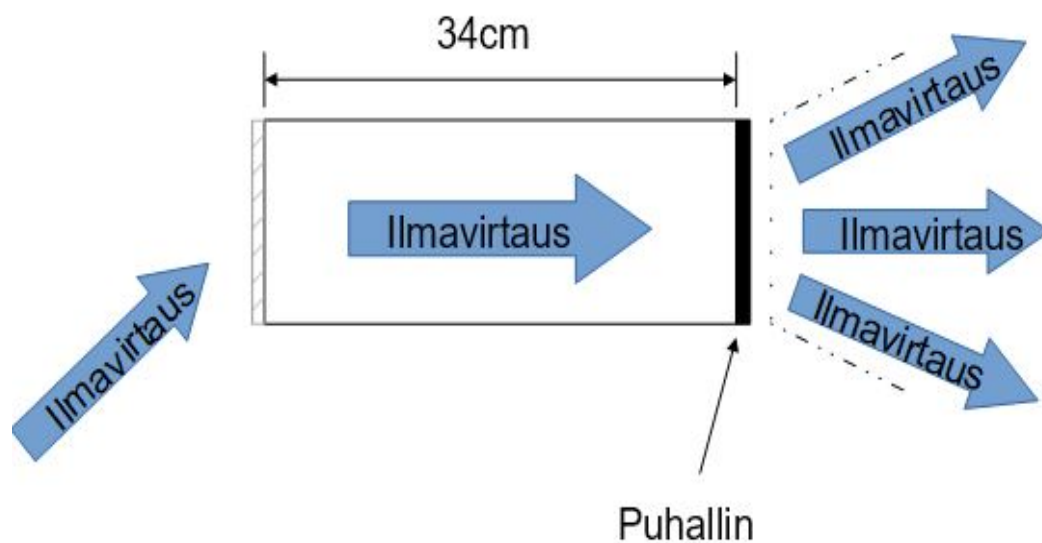


Kuva 13. Arduino-sovellus.

Kaikki komponentit kytketään digitaalipuolelle, kuten kuvassa 3 on komponenttikaaviossa mallennettu. Moottorien, reaaliaikaisen kellon, valoanturin ja sarjamoduulin kirjastot on ladattava ohjauspiirikortille, että ohjauspiirikortti tunnistaa laitteet ja suositeltavaa on ladata ne zip-tiedostona. Koodista voidaan päättää mitä tietoja halutaan saada komponenteista ja mikä on oleellista tietoa käyttäjälle. Älypuhelimien ladataan ”Bluetooth Terminal HC-05” -sovellus, jolla voidaan Arduino Megan ja älypuhelimien kanssa lähettää ja vastaanottaa tietoa. Puhelimen oleva sovellus on lähteessä 22.

5.4 Ilmavirtaus

Huoneistossa on 1 korvausilma-aukko ja 1 poistoilma-aukko (LIITE 2). Korvausilma-aukossa oleva puhallin imee ilmaa huoneistoon ja puhaltimen maksimi puhallusnopeus on 4,6 m/s (**Kuva 14.**). Korvausilma-aukon putki ei ole projektissa pitkä, mutta joissakin omakotaloissa, toimistotiloissa tai huoneistoissa on mahdollista, että korvausilma-aukon putki on pidempi tai lyhyempi. Tuloilma tulee alaviistosti korvausilma-aukkoon ja puhaltimen läpi huoneistoon, eli samoin kuin kuvassa 14 tuloilmavirtaus on kuvattuna.

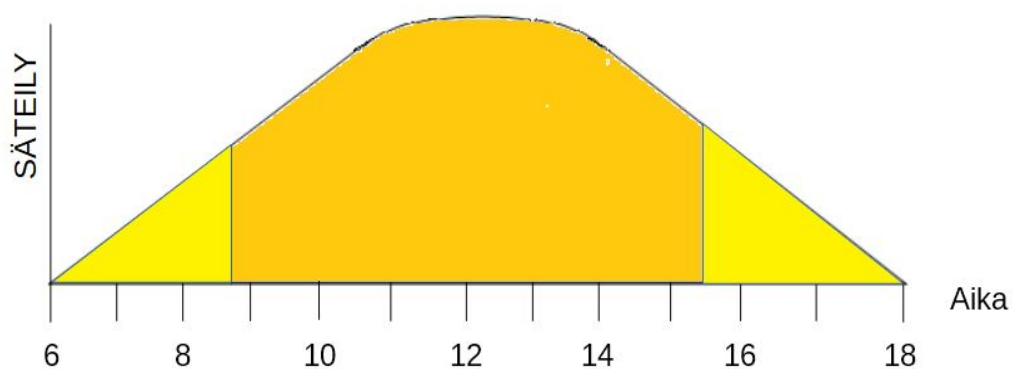


Kuva 14. Korvausilma-aukko.

Liitteessä 3 on tehty puhaltimesta mittaustuloksia ja niistä nähdään kuinka pitkälle puhallin pystyy vaikuttamaan huoneistossa kohtisuorasti. Huoneiston pinta-ala on $28,9 \text{ m}^2$ ja huoneiston lämpötila vaihtelee noin $19 \text{ }^{\circ}\text{C} - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä ympäri vuoden. Liitteessä 3 on huoneiston pinta-ala ja siitä nähdään huoneiston tulo- ja menoilma.

5.5 Säteily

Projektissa valoanturi tunnistaa valonsäteilyä laitteen ympärillä ja valonsäteily voi heijastua eri materiaaleista valoanturiin. Kuvassa 15 on kuvattu milloin valonsäteily on voimakkaimmillaan vuorokauden aikana.

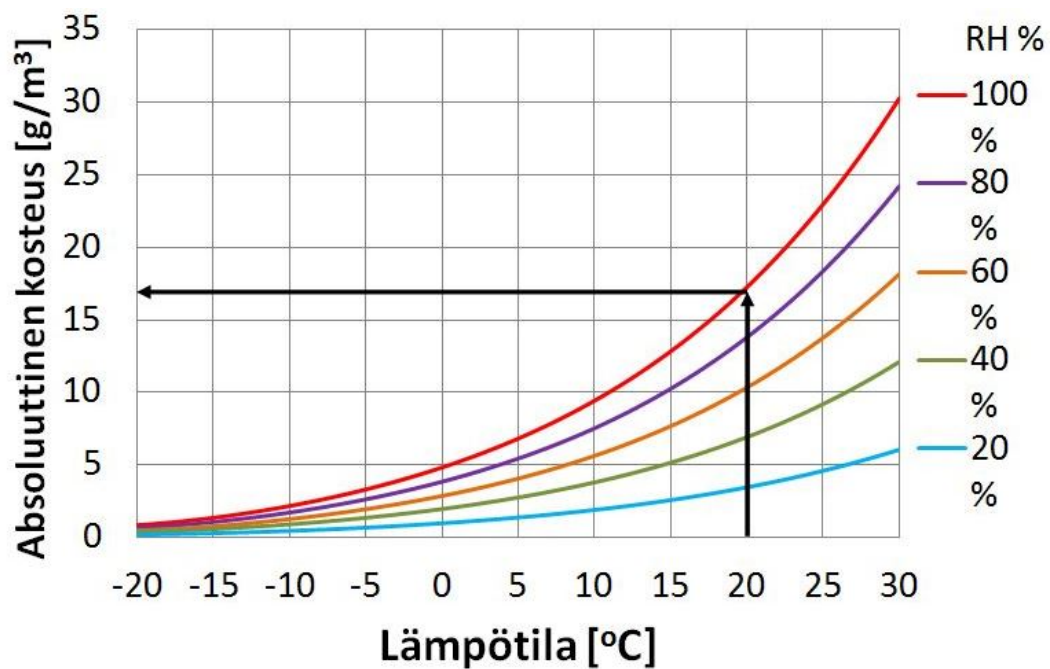


Kuva 15. Valonsäteily.

Valonsäteily ei ole sama jokaisessa paikassa, vaan se vaihtelee paikoittain. Ihminen pystyy havaitsemaan valonsäteilyn värispektrin avulla aallonpituutena 380nm-780nm välillä. /23/. Valoanturi tunnistaa valonsäteilyn, jossa valonsäteilyn voimakkuudella saadaan liikutettua verhoja kiinni ja auki.

5.6 Suhteellinen kosteus

Jokaisessa huoneistossa on kosteutta ja kosteus vaihtelee vuodenaikoihin nähden hyvin paljon. Kosteutta voi olla huoneistossa noin 40 % - 60 %, mikä riippuvat vuodenaajoista. /24/. Kosteus ilmaistaan prosenteilla kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä. Kuvassa 16 on ilmaistu -20 °C – 30 °C lämpötiloissa olevat kosteudet ja samasta kuvasta nähdään kuinka paljon vesihöyryä on huoneistossa tilavuuteen nähden.



Kuva 16. Sisätilan kosteus.

Huoneistossa on ikkunan edustalla vesikiertopatteri, jolla oli vaikutusta huoneiston lämpötila-arvoihin. Liitteessä 3 huoneen lämpötila on normaalia olosuhteita korkeampi ja huoneiston korkeus on 2,50 m. Kuvassa 16 käyttäjä voi verrata huoneistossa vaihtelevaa kosteutta eri lämpötila-arvoilla.

5.7 Laskenta

Projektista on hyvä saada tilastoa ja tietoa järjestelmän toiminnallisuudesta. Korvausilma-aukon halkaisija on 14 cm ja ympyrän muotoisen kanavan pinta-ala on $A = \pi r^2$. Kanavassa olevan ilmavirtauksen nopeus on tilavuutta kohden $q = Av$, jossa v on puhaltimen nopeus korvausilma-aukossa ja puhaltimen maksimi nopeus on 4,6 m/s. /25/. Tulokset on mitattu digitaalisella DEM400 ilmavirtausmittarilla liitteessä 3.

$$q = Av = \pi r^2 v = \pi * (0,14 \text{ m})^2 * 4,6 \text{ m/s} \approx 0,28 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 280 \text{ l/s} \quad (1)$$

Oletetaan huoneiston kosteuden olevan ihanteellinen eli sopiva kosteus huoneistossa on 40 % - 60 % välillä ja keskimääräinen kosteus on 50 %. Ilman kosteus saadaan laskettua lämpötilan mukaan huoneiston ilmassa olevan vesihöyrytiheydestä, kun tiedetään huoneiston tilavuus $V = 28,9 \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m} = 72,25 \text{ m}^3$. /25/. Jos lämpötila laskee ilman kosteus pienenee.

Taulukko 2. Huoneiston vesimäärä.

	Sisällä	Ulkona	Erotus	Veden massa
	$P_v = \varphi * P_{vs}$	$P_v = \varphi * P_{vs}$	$p_h = P_{v\text{sisä}} - P_{v\text{ulko}}$	$m = p_h * V$
50 %	11,5 g/m ³	1,495 g/m ³	10,005 g/m ³	~0,72 kg

Oletetaan lämpötilan olevan liitteen 3 mukaan huoneistossa noin 25 °C ja ulkona keskimääräinen lämpötila on -6,3 °C ja noin -6 °C. Liitteestä 4 saadaan likimain olevien sisä- ja ulkolämpötilojen verrattavissa olevat P_{vs} arvot laskettua taulukosta 2 ja niiden erotus määriteltä sekä paljonko vettä on huoneiston ilmassa. Huoneiston suhteellisella kosteudella on merkitystä terveyteen. Asuntoa kohden oleva ilmanvaihto on huoneistossa $0,5 * 28,9 \text{ m}^2 = 14,45 \text{ l/s/m}^2$ ja ilmavirtauksen veto on helposti tunnistettavissa huoneistossa. /26/.

5.8 Testaaminen

Projektissa testaaminen on yksi tärkeä osa, että saadaan tietoa laitteiston toimivuudesta. Puhallin on korvausilma-aukossa ja valoanturi on ikkunan läheisyydessä, mikä tunnistaa heijastunutta valoa luxeina ja lisäksi työstä on tehty pienoismalli, joka on vastaavanlainen. Laite täytyy toimia minimivaatimuksilla käyttäjälle käsi- ja kauko-ohjauksella ja laajemmalla vaatimuksella automaattisesti.

Verhot avautuvat ja sulkeutuvat painonapeista. Verhot voidaan pysäyttää painonapista, rajakytkimestä tai kännykän sovelluksen kautta. Puhallin toimii painonapista, joka menee päälle ja pois päältä sekä kännykän kautta vastaavasti. Reaaliaikaisella kellolla puhallin menee päälle klo 07:00 ja sammuu klo 22:00 sekä verhot aukeavat ja sulkeutuvat valon säteilyvoimakkuudesta.

5.9 Käytäntö

Moottoroituja verhokiskoja ja puhaltimia, automaattisoituna on jo olemassa. Moottoroidut verhokiskot ja puhallin toimivat samalla periaatteella kuin komponenteista koottu pienoismalli. Pienoismallilla oli tarkoitus antaa käyttäjälle selkeys, että vastaavanlaisen järjestelmän voi toteuttaa pienellä tai suurella investoinnilla.

Automatisointi antaa mukavuutta koteihin tai toimistoon. Automatisoinnilla ihminen saa helpotusta arkielämään ja jokainen voi huomata, että tarvittaisiin vastaavanlaista järjestelmää omaan käyttöön. Käyttäjät pystyvät ohjaamaan arkielämäänsä asioita, että olotila tuntuisi mukavammalta.

6 JATKOKEHITYS

Projekti tuntui hauskalta ja suhteellisen haastavalta toteuttaa alusta loppuun saakka. Laitteesta tuli prototyyppi ja siinä on parannettavia vaihtoehtoja vielä mahdollista tehdä käyttäjäkohtaisesti ja mukavuuksien kannalta tulevaisuudessa. Tulevista projekteista tulee vastaavanlaisia käyttäjille.

Huoneiston ihanteellista kosteuden tavoittelua joutuu seuraamaan järjestelmässä tarkemmin ja määrittämään siihen huoneisto kohtaisesti suhteelliset määrytykset. Huoneiston tasaisella lämpötilalla ja sopivalla ilmanvirtauksella on vaikutusta huoneiston sisäilman laatuun. Terveyshaittoja ilmenee enemmän jos huoneiston ilmanvirtaus vaihtelee suuresti tai äkillisesti, mistä johtuen kehon lämpötilaan vaikuttaa sen ympäristön lämpötilan muutos, mihin ihmisen keho reagoi.

Käyttäjän mukavuuksien kannalta laitteistoa joutuu muokkaamaan olosuhteiden mukaisesti, että käyttäjä tuntee laitteiston ohjattavuuden helpoksi ja soveliaaksi huoneistossa. Laitteista on mahdollista tehdä huomaamattomia tiloihin, joihin aikoo suunnitella automaattista järjestelmää. Laitteistoon on mahdollista lisätä enemmän toimintoja, mikäli käyttäjä niin haluaa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Projektin tavoitteena oli suunnitella, rakentaa ja toteuttaa arkielämää helpottava kodin automaatiojärjestelmä. Työ onnistui toteuttaa olemassa olevilla tarvikkeilla ja rakentaa niistä toimiva järjestelmä. Odotukset olivat suuret, prototyypin rakentaminen onnistui hyvin ja järjestelmä toimi, niin kuin oli suunniteltu sen toimivan.

Projektin aloitus ja ohjelmointirakentaminen tuntuivat vaikeimmilta tässä, muut asiat olivat sopivan haastavia. Projekti oli alusta loppuun asti mielekäs tehdä ja testata sitä. Projektin aikana ei käynyt mielessä lähteä muuttamaan sitä, vaan pysyin alkuperäisessä suunnitelmassa loppuun saakka.

Muutamat asiat tulivat mieleen projektin aikana, mitä voisin muuttaa tulevaisuudessa. Tuuletin on aika voimakas, kun se pyörii täysillä, olisi hyvä vaihtaa pienempi tuuletin, jossa ilma vaihtuisi hieman hitaammin vastaavassa huoneistossa tai säätövastuksella pienentää tuulettimen pyörimistä. Moottorit olivat hyvät kevyille verhoille, mutta painavammilla verhoilla veto loppui moottoreista. Kosteusmittari olisi hyvä lisäys tulevilla laitteilla, mistä nähtäisiin huoneistossa oleva kosteus ja tarvittaessa voisi varmistaa erillisellä kosteusmittarilla huoneiston kosteus.

LÄHTEET

- /1/ Arduino Mega 2560 R3. Viitattu 04.10.2017.
<https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- /2/ Arduino Mega 2560 R3 Datasheet. Viitattu 04.10.2017.
<http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>
- /3/ I/O -logiikka. Viitattu 06.10.2017.
http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/OhjausSuunnittelunPerusteet.pdf
- /4/ Muistit. Viitattu 19.10.2017. <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Memory>
- /5/ I2C -väylä. Viitattu 09.10.2017. <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>
- /6/ Arduino I2C kirjasto. Viitattu 27.10.2017.
<https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>
- /7/ Askelmoottori 28BYJ-48. Viitattu 31.10.2017.
<http://eeshop.unl.edu/pdf/Stepper+Driver.pdf>
- /8/ ULN2003 Datasheet. Viitattu 01.11.2017.
<http://www.geeetech.com/Documents/ULN2003%20datasheet.pdf>
- /9/ Darlington -transistori. Viitattu 01.11.2017. <http://www.electronics-tutorials.ws/transistor/darlington-transistor.html>
- /10/ Lukkiutuva painokytin A03-220T. Viitattu 01.11.2017.
<https://www.aliexpress.com/item/10pcs-Key-switch-Double-row-Straight-key-switch-6-Pin-A03-Self-locking-switch/32792512265.html>
- /11/ Vipuvarsirajakytkin V-166-1A6. Viitattu 01.11.2017. <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/13ec/0900766b813ecc2a.pdf>
- /12/ Tuuletin SY1425HB12M-P. Viitattu 02.11.2017.
<https://www.ebay.com/itm/Scythe-Glide-Stream-140PWM-140mmx140mmx25mm-Case-Fan-SY1425HB12M-P/222551911313?epid=2041722211&hash=item33d120ab91:g:CMwAAOSwPWRZSIeP>
- /13/ Tuuletinsarjat. Viitattu 02.11.2017.
<http://www.coolingtechnique.com/recensioni/air-%20cooling/ventole/1136-recensione-scythe-glide-stream-%20serie.html?start=6>
- /14/ HC-06 langaton-sarjamoduuli. Viitattu 04.11.2017.
<http://silabs.org.ua/bc4/hc06.pdf>

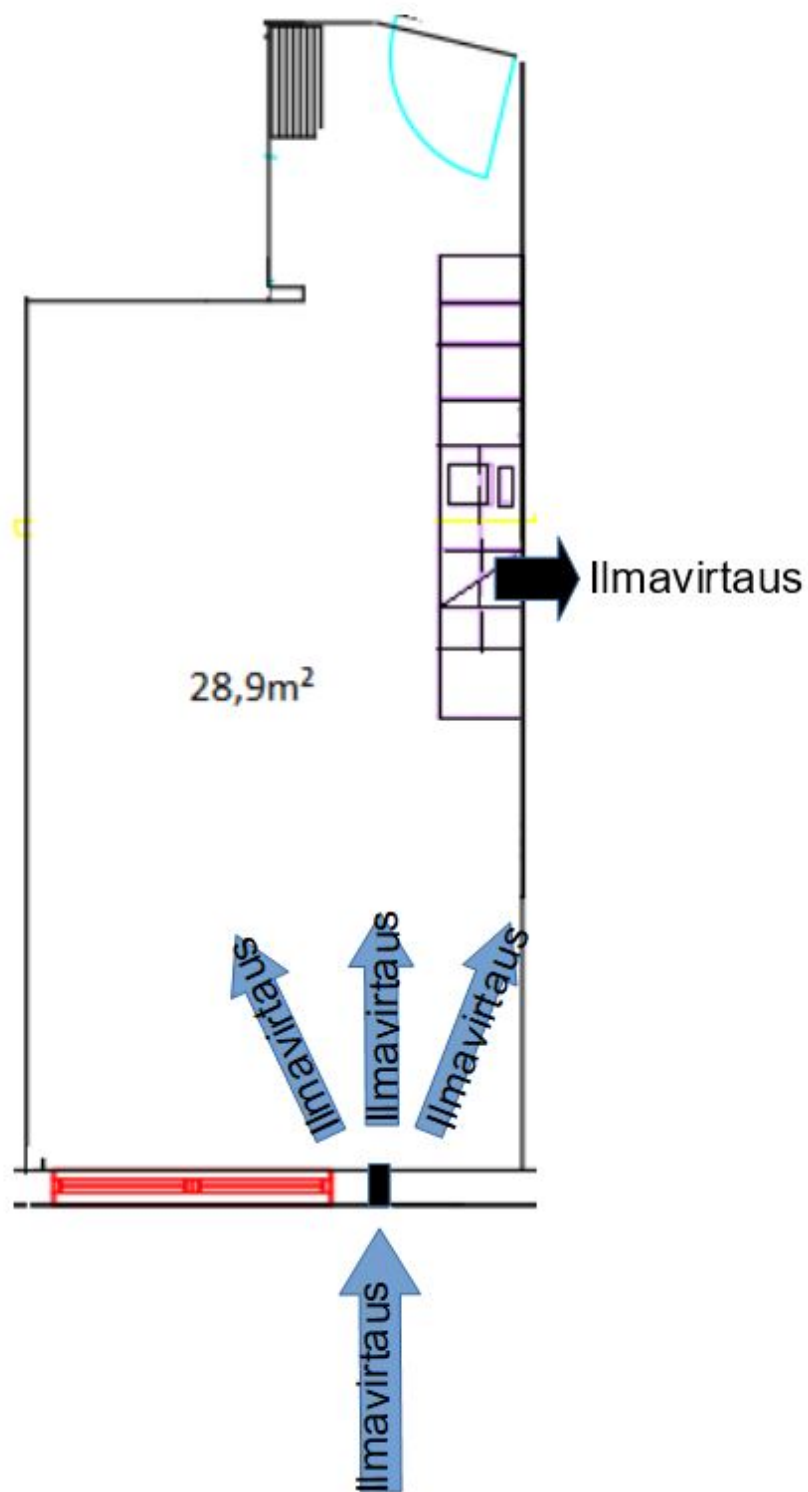
- /15/ HC-06 langaton-sarjamoduuli datasheet. Viitattu 06.11.2017.
https://cdn.makezine.com/uploads/2014/03/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf
- /16/ DS3231 AT24C32 I2C reaaliaikainen kellomoduuli. Viitattu 08.11.2017.
<https://www.aliexpress.com/item/DS3231-AT24C32-IIC-Module-Precision-Clock-Module-without-battery-DS3231SN-for-Arduino-Memory-module/32816657244.html>
- /17/ DS3231 kellomoduulin datasheet. Viitattu 09.11.2017.
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- /18/ Lämpötilakompensoitu kideoskillaattori. Viitattu 10.11.2017.
<http://circuitcellar.com/tech-the-future/the-future-of-temperature-compensated-crystal-oscillators/>
- /19/ TSL2561 valoanturimoduuli. Viitattu 14.11.2017.
<https://www.aliexpress.com/item/1pcs-GY-2561-TSL2561-Luminosity-Sensor-Breakout-infrared-Light-Sensor-module-integrating-sensor-AL/32730945577.html>
- /20/ TSL2561 valoanturimoduulin datasheet. Viitattu 14.11.2017.
https://paradisetronic.com/media/files_public/206f6273b9c6200e9c9898022c3f4ec5/TSL2561.pdf
- /21/ Arduino-ohjelmisto. Viitattu 18.01.2018.
<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- /22/ Valonsäteilyn näkeminen. Viitattu 08.03.2018.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=project.bluetoothterminal&hl=fi>
- /23/ Valonsäteilyn näkeminen. Viitattu 28.02.2018.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/99301/kerola_riitu_raiski_marika.pdf?sequence=1
- /24/ Kosteus ja lämpötila. Viitattu 02.03.2018.
<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/sisailman-kosteus-ja-lampotila>
- /25/ Tammertekniikka. Tekniikan kaavasto 2012. 10 painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy.
- /26/ Ilmanvaihto. Viitattu 08.03.2018.
<http://biobe.fi/tuotteet/venttiilit/ilmanvaihto.htm>

LIITE 1. Tarikkeet

Nimi	Määrä	Muuta	Hinta
Arduino Mega 2560 R3	1 kpl	Toimii 5VDC Ohjauspiirikortti ja mukana USB-johto	35,00 €
Askelmoottori 28BYJ-48 DC ja ULN2003- ohjausmoduuli	2 kpl	Toimii 5VDC ja on 4- vaiheinen askelmoottori, jossa 34,4 mN vääntömomenttia	3,76 €
Lukkiutuva painokytkin 6 Pin	4 kpl	Kestää 50VDC ja 1A virtaa	10,80 €
Vipuvarsi rajakytkin KW7-3	2 kpl	Kestää 125/250VAC ja 16A virtaa	3,90 €
Reaaliaikainen kellomodulaari DS3232 I2C	1 kpl	Toimii 3,3-5VDC jännitteellä, jossa aikaa 2100 vuoteen asti	0,97 €
Valoanturimoduuli TSL2561 GY-2561 I2C	1 kpl	Toimii 2,7-3,6VDC jännitteellä ja 0,1-40 k Lux tunnistusalue	0,99 €
Langaton sarjamoduuli HC-06 JY-MCU	1 kpl	Toimii 3,6-6VDC jännitealueella ja käyttää bluetooth-protokollaa	3,14 €
Tuuletin Scythe SY1425HB12M-P GlideStream 140mm PWM ~1300rpm	1 kpl	Toimii 12VDC, melualue ~13- 30,7dBA ja mukana johdin 4- liitintä	11,45 €
Reikälevy	2 kpl	Mitat: 160x40x2 mm ja vahvuus: 5 mm	1,18 €

Hakkurivirtalähde	1 kpl	Toimii 12VDC ja antaa 1,5A virtaa	10,50 €
Hakkurivirtalähde	1 kpl	Toimii 5VDC ja antaa 3A virtaa	10,50 €
Köysipyörä	2 kpl	Halkaisija: Ø5 mm reikä ja reuna Ø20 mm	5,70 €
Köysi	1 kpl	Halkaisia Ø2 mm ja pituus 130 m	6,90 €
Asennuskaapeli	1 kpl	Väri musta, jossa monisäikeinen johtimen halkaisija Ø0,5 mm	7,99 €
KytKentäalusta	1 kpl	Elektroniikka kytkentöihin	7,40 €
Hyppylanka	400 kpl	Uros- ja naaraspäät, 30 cm	15,00 €
Jatkopistoke	1 kpl	DC-virtähteeseen, jossa ruuviliittimet	0,95 €
Yhteensä:			136,13 €

LIITE 2. Huoneen ilmanvaihto



LIITE 3. Puhaltimen tulokset

Etäisyys (cm)	Nopeus (m/s)	Lämpötila sisällä (°C)	Lämpötila ulkona (°C)
10	3,1	25,3	-7,0
25	2,0	25,2	-7,0
35	2,0	25,2	-6,8
45	1,8	25,2	-6,7
55	1,5	25,2	-6,5
65	1,3	25,2	-6,5
75	1,1	25,1	-6,4
85	1,1	25,1	-6,2
95	1,1	25,1	-6,2
110	0,9	25,1	-6,0
125	0,9	25,1	-5,9
135	0,6	25,1	-5,8
145	0,6	25,1	-5,6
155	0,6	25,1	-5,9
165	0,4	25,1	-6,1
175	0,4	25,1	-6,2
185	0,2	25,1	-6,5

LIITE 4. Vesihöyryn tiheys eri lämpötiloissa

t (°C)	P_v (kPa)	P_{vs} (g/m³)	t (°C)	P_v (kPa)	P_{vs} (g/m³)	t (°C)	P_v (kPa)	P_{vs} (g/m³)
-15	0,191		4	0,813	6,36	23	2,808	20,6
-14	0,208		5	0,872	6,8	24	2,982	21,8
-13	0,225		6	0,935	7,26	25	3,166	23
-12	0,224		7	1,002	7,75	26	3,36	24,4
-11	0,265		8	1,072	8,27	27	3,564	25,8
-10	0,287	2,15	9	1,148	8,82	28	3,778	27,2
-9	0,31	2,34	10	1,228	9,41	29	4,004	28,8
-8	0,335	2,54	11	1,312	10	30	4,241	30,4
-7	0,362	2,75	12	1,402	10,7	35	5,62	39,6
-6	0,391	2,99	13	1,497	11,3	40	7,37	51,1
-5	0,422	3,34	14	1,598	12,1	45	9,58	65,4
-4	0,455	3,52	15	1,704	12,8	50	12,33	83
-3	0,49	3,81	16	1,817	13,6	60	19,92	130
-2	0,527	4,13	17	1,937	14,5	70	31,16	198
-1	0,568	4,47	18	2,063	15,4	80	47,37	293
0	0,611	4,85	19	2,196	16,3	90	70,11	424
1	0,657	5,19	20	2,337	17,3	100	101,32	598
2	0,706	5,56	21	2,486	18,3			
3	0,758	5,95	22	2,643	19,4			